

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**
 Отделение школы (НОЦ) **электронной инженерии**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка усилителя звукового диапазона на радиоэлектронных лампах

621.375.2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Огородников Максим Игоревич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	Коломейцев Андрей Анатольевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения
Общие по направлению подготовки	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности

P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делегированием ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
Элективная группа «Инжиниринг в электронике»	
P13	Проектировать, конструировать, проводить необходимые инженерные расчеты и испытания для обеспечения качественной и надежной работы высокотехнологичных электронных и механотронных приборов, систем и устройств и средств их испытаний.
P14	Проводить сопровождение технологического процесса изготовления изделий микроэлектроники.
P15	Проектировать, конструировать, проводить моделирование, верификацию и уточнение разработанных микро и наноразмерных электромеханических систем и цифровых схем для их управления включая разработку физического прототипа.
Элективная группа «Промышленная электроника»	
P16	Осуществлять профессиональную деятельность в области разработки проектирования и эксплуатации преобразователей электрической энергии высокоэффективной электронной техники.
P17	Разрабатывать, проектировать, использовать в профессиональной деятельности устройства, приборы и системы аналоговой и цифровой электронной техники различного назначения.
P18	Проектировать, проводить технологическое сопровождение создания и осуществлять эксплуатацию электронных средств и электронных систем для обеспечения долговечного бесперебойного функционирования бортовых комплексов управления (БКУ).

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки (специальность) 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»
Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____
(Дата) В.С. Иванова
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1А6Б	Огородникову Максиму Игоревичу

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.02.2020 №43-64/с
---	---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект проектирования – усилитель звуковой частоты для электрогитары, выполненный на радиолампах. Цель проектирования – разработка устройства предварительного усиления сигнала с датчика электрогитары. Ожидаемые результаты: предварительный усилитель с эффектом «овердрайв» и возможностью регулирования амплитудно-частотной характеристики. Питание от сети 220 В.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Общие сведения о гитарных усилителях 2 Разработка принципиальной схемы 3 Конструирование и сборка печатного узла усилителя. 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5 Социальная ответственность.

работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1 Схема электрическая принципиальная предварительного усилителя. 2 Схема электрическая принципиальная источника питания

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(если необходимо, с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13.02.2020
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Огородников Максим Игоревич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1А6Б	Огородникову Максиму Игоревичу

Школа		Отделение (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	

Тема ВКР:

Разработка усилителя звукового диапазона на радиоэлектронных лампах	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является усилитель звуковой частоты выполненный на радиоэлектронных лампах
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	– указать нормативные документы
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– перечислить вредные и опасные факторы
3. Экологическая безопасность:	– указать область воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– перечислить возможные ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – указать наиболее типичную ЧС.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.02.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	К. э. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Огородников Максим Игоревич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1А6Б	Огородникову Максиму Игоревичу

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы (НОЦ)	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Приблизительный бюджет проекта 400 тысяч рублей; В реализации проекта задействованы два человека: руководитель проекта, инженер (студент).</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с нормами и нормативными расходования материалов: ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов», ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность».</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>УСН, страховые взносы – 30% от ФОТ.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Потенциальные потребители результатов НИ; - Анализ конкурентных технических решений.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Определение трудоемкости выполнения работ; - Расчет материальных затрат НИ; - Основная и дополнительная зарплата исполнителей темы; - Отчисления во внебюджетные фонды; - Накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Расчет уравнений эффективности НИ; - Расчет уравнений сравнительной

	эффективности НИ.
--	-------------------

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	К.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А6Б	Огородников Максим Игоревич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
 Уровень образования **бакалавриат**
 Отделение школы (НОЦ) **электронной инженерии**
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	8.06.2020
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12 февраля	Обзор научной литературы по теме	10
23 февраля	Обзор существующих устройств	10
12 марта	Выбор принципиальной схемы для дальнейшей разработки	10
15 марта	Проектирование принципиальной схемы устройства	10
11 апреля	Проектирование печатной платы усилителя	10
1 мая	Проектирование печатной платы питания	10
15 мая	Изготовление печатных плат	10
30 мая	Сборка печатного узла предварительного усилителя	10
9 июня	Оформление расчетно-пояснительной записки	10
18 июня	Корректировка ВКР по результатам обсуждения на защите	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	К.Т.Н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭИ	Коломейцев Андрей Анатольевич	-		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 126 с., 24 рис., 32 табл., 48 источника, 9 прил.

Ключевые слова: предварительный усилитель, радиолампа, аудио частота, электрогитара.

Объектом исследования усиление и преобразование сигнала с датчика электрогитары.

Целью работы является проектирование готового прототипа устройства, необходимого для усиления сигнала электрогитары, выполненного на радиоэлектронных лампах.

В процессе исследования была произведена разработка принципиальной схемы усилителя, а также разработка схемы источника питания для усилителя. Выполнена трассировка и изготовление печатных плат.

В результате исследования были получены: принципиальные схемы усилителя и источника питания, соответствующие печатные платы.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: устройство выполняет предварительное усиление сигнала с датчика электрогитары, а также преобразует исходный сигнал. Степень преобразования сигнала регулируется с помощью потенциометров в процессе эксплуатации.

Степень внедрения: рабочий прототип устройства, ведется тестирование

Область применения устройства – музыкальная сфера, в качестве устройства предварительного усиления сигнала звуковой частоты при записи.

Экономическая эффективность: функционал устройства полностью соответствует аналогам, при этом имеет более низкую стоимость

В будущем планируется изготовление экранированного корпуса для защиты устройства от различных наводок.

Определения

Предусилитель – предварительный усилитель

Комбоусилитель – комбинированный усилитель

«Клиппинг» – ограничение амплитуды сигнала

Эквализация – фильтрация сигнала с регулируемым ослаблением или усилением определенных частот

Темброблок – схема, позволяющая регулировать АЧХ сигнала.

Кабинет (гитарный) – усилитель, предназначенный для использования совместно с электронными музыкальными инструментами

Реверберация – процесс постепенного уменьшения интенсивности звука при его многократном отражении

Список используемых сокращений

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика

ПП – печатная плата

ПО – программное обеспечение

КД – конструкторская документация

НЧ – нижние частоты

ВЧ – высокие частоты

КПД – коэффициент полезного действия

РСВ – printed circuit board, печатная плата

ЕСКД – единая система конструкторской документации

Оглавление

Введение	17
1 Общие сведения о гитарных усилителях	18
1.1 Формирование гитарного звука	18
1.2 Предварительный усилитель и комбинированный усилитель.....	19
1.3 Схемы преобразования гитарного звука	20
1.3.1 Схема «клин»	20
1.3.2 «Клиппинг»	20
1.3.3 Схема «дисторшн»	21
1.3.4 Схема «овердрайв».....	22
1.4 Компьютерное моделирование схем преобразования	23
1.5 Обзор существующих устройств и схем	24
1.5.1 Выбор принципиальной схемы для проектирования	26
2 Разработка принципиальной схемы.....	27
2.1 Переработка выбранной схемы.....	27
2.2 Структурная схема усилителя	28
2.2.1 Функциональное назначение потенциометров	29
2.3 Замещение компонентной базы	30
2.4 Режимы работы усилителя	32
2.4.1 Буфер. Линейный выход усилителя	32
2.5 Выходной каскад усиления	33
2.6 Пассивный эквалайзер	34
2.7 Разработка схемы питания усилителя	34
2.7.1 Структурная схема цепи питания	35
2.7.2 Выбор типа трансформатора.....	35
2.7.3 Расчет трансформатора.....	36
2.7.4 Изготовление трансформатора	37
2.7.5 Расчет и выбор диодных мостов.....	38
2.7.6 Расчет и выбор конденсаторов и фильтров	39
2.7.7 Обеспечение разрядки электролитических конденсаторов	42
3 Конструирование и сборка печатного узла усилителя	43

3.1 Анализ элементной базы.....	43
3.2 Расчет проводящего рисунка печатной платы.....	45
3.3 Трассировка печатной платы предварительного усилителя	49
3.4 Трассировка печатной платы блока питания	51
3.4.1 Изготовление печатной платы	52
3.5 Сборка предварительного усилителя	56
3.5.1 Сборка блока питания.....	56
3.5.2 Сборка предварительного усилителя	57
3.6 Тестирование готового устройства.....	59
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	62
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований	62
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	62
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	64
4.1.3 Технология QuaD	66
4.1.4 SWOT – анализ	68
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	72
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	72
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	73
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	74
4.3 Бюджет научно-технического исследования.....	75
4.3.1 Расчет материальных затрат исследования	75
4.4 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ...	78
4.4.1 Основная заработная плата исполнителей темы.....	79
4.1.1 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	81
4.1.2 Отчисления во внебюджетные фонды.....	82
4.4.1 Накладные расходы	83
4.4.2 Формирование бюджета затрат.....	84
4.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	84

5 Социальная ответственность	88
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	88
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	88
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	89
5.2 Производственная безопасность	89
5.2.1. Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	90
5.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.....	92
5.3 Экологическая безопасность	100
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	100
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	101
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	102
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	102
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	103
Заключение.....	106
Перечень используемых источников.....	107
Приложение А.....	112
Приложение Б	113
Приложение В	115
Приложение Г (обязательное)	116
Приложение Д (обязательное).....	118
Приложение Е (обязательное)	121
Приложение Ж (обязательное).....	123

Приложение Й – Временные показатели проведения научного исследования	125
Приложение К – Календарный план-график	126

Введение

Разработка усилителя для гитары на радиолампах является очень актуальной темой. Несмотря на то, что данное устройство давно находится на рынке, спрос на данный класс устройств остается таким же высоким. Это обусловлено тем, что постоянно появляются новинки, которые по-разному влияют на звучание электрогитары.

Рынок представлен исключительно дорогостоящими устройствами, поэтому разработка усилителя в среднем ценовом диапазоне является экономически эффективной

Именно влияние на входной сигнал ценится потребителями данного устройства. Так как оценить характер влияния очень сложно, музыканты делают выбор исключительно основываясь на свои вкусовые предпочтения

В ходе разработки усилителя на радиоэлектронных лампах необходимо произвести анализ современных устройств, выбрать принципиальную схему из доступных в качестве основы. Выбранную принципиальную схему необходимо преобразовать под доступную компонентную базу. На основе разработанной принципиальной схемы необходимо произвести трассировку и изготовления печатных плат. После изготовления печатных плат необходимо произвести сборку устройства.

В результате проектирования ожидается получение готового прототипа усилителя для электрогитары.

1 Общие сведения о гитарных усилителях

1.1 Формирование гитарного звука

Электрогитара представляет из себя устройство, которое преобразует акустические колебания струны в электрический сигнал. Выходной сигнал электрогитары – это переменное напряжение, амплитуда которого составляет примерно 0,5 В.

Гитарный тракт представляет из себя последовательно соединенные отдельные устройства, которые необходимы для того, чтобы достичь требуемое звучание. Структурная схема гитарного тракта представлена на рисунке ниже [1].



Рисунок 1.1 – Структурная схема гитарного тракта

В общем случае в гитарный тракт входят следующие устройства:

- а) Электрогитара. Непосредственно источник сигнала для последующей обработки;
- б) Набор звуковых эффектов. Данные устройства позволяют серьезно видоизменить звук, добавив искусственную реверберацию, эхо, эквализацию и так далее;

в) Предварительный усилитель. Данное устройство является очень важной частью гитарного тракта. Оно позволяет добиться не только усиления амплитуды сигнала, но и необходимым образом внести дополнительные гармонические искажения, что делает звук электрогитары таким узнаваемым;

г) Усилитель мощности. Устройство, которое в необходимой степени увеличивает амплитуду выходного сигнала, чтобы с минимальными искажениями передать его дальше;

д) Гитарный кабинет. Часть гитарного тракта, необходимая для непосредственного воспроизведения звукового сигнала. В большинстве случаев проектируется совместно с усилителем мощности. Представляет из себя несколько динамиков (от 1 до 4), помещенных в корпус [1].

1.2 Предварительный усилитель и комбинированный усилитель

Разница между предварительным усилителем и комбинированным усилителем в том, что устройство комбинированного усилителя представляет из себя единое устройство, включающее в себя предварительный усилитель, а также усилитель мощности. То есть данный тип усилителей сразу усиливает и преобразует сигнал, а также передает его на динамик. При проектировании данного типа усилителей очень много внимания уделяется самому гитарному кабинету. Необходимо спроектировать корпус таким образом, чтобы динамики, которые размещаются в нем, не создавали механических резонансов. Наличие резонансов негативно сказывается на качестве воспроизводимого звука. Это обусловлено искажением АЧХ устройства.

Полоса пропускания динамика комбинированного усилителя находится в диапазоне от 200 до 11000 Гц. Нижняя граница обусловлена тем, что в спектре сигнала гитары нет столь низких частот. Верхнюю границу можно характеризовать по наличию полезного сигнала в той области. В контексте звуковых колебаний полезным сигналом является то, что приятно на слух человеку. Как правило, полезная составляющая сигнала в диапазоне выше 11

кГц отсутствует, так как спектр перегруженного сигнала в данной области очень неприятен на слух [2].

1.3 Схемы преобразования гитарного звука

Существует множество различных способов преобразования звуковых колебаний, используемых музыкантами для достижения необходимого эффекта.

При проектировании устройства, каждый производитель ставит себе цель получить устройство с уникальным звучанием, которого нет у других. Поэтому существует большое количество вариаций одной и той же структурной схемы усилителя. Классифицировать самые популярные и востребованные решения можно следующим образом [3] –

- а) «клин»;
- б) «дисторшн»;
- в) «овердрайв».

1.3.1 Схема «клин»

Данный тип устройств предназначен для усиления сигнала, а также для внесения в спектр сигнала незначительных искажений, обусловленных нелинейностью компонентов, из которых изготовлен усилитель. Из-за наличия данных искажений, психоакустически звук становится более приятным человеческому уху, что является весьма полезным при звукозаписи, поэтому активно используется многими музыкантами.

1.3.2 «Клиппинг»

Привнесение в выходной сигнал новых гармонических составляющих возможно путем искажения входного сигнала. Это возможно осуществить путем ограничения амплитуды входного сигнала. Данное явление называется

«клиппингом». Ниже представлены сфазированные осциллограммы ограниченных сигналов

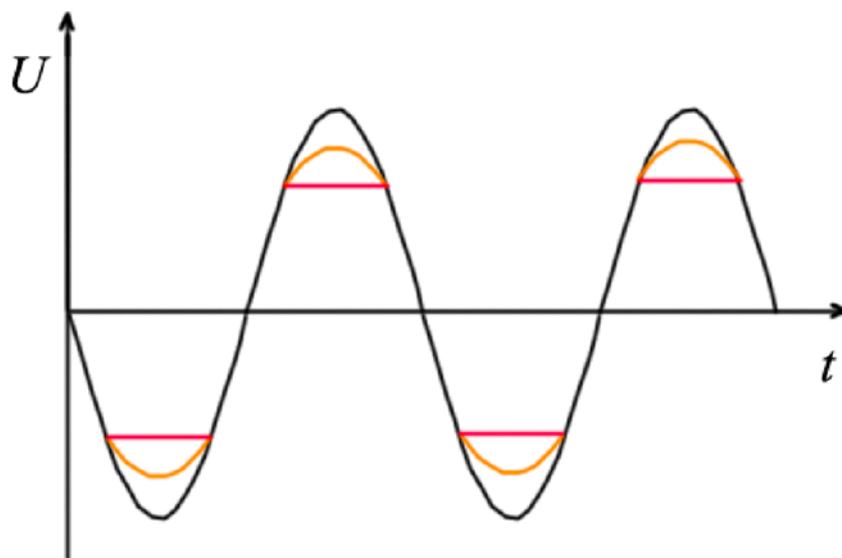


Рисунок 1.2 – Виды «клиппинга»

На рисунке 1.2 оранжевым цветом обозначен «мягкий клиппинг» (soft clipping), красным цветом обозначен «резкий клиппинг» (hard clipping). Чёрным цветом обозначен входной сигнал. Видно, что сигнал ограничен определенным значением сверху и снизу. Характер «клиппинга» определяет количество новых гармонических составляющих, вносимых в сигнал. Чем более резким выглядит ограничение на осциллограмме, тем большее количество новых гармонических составляющих вносится в сигнал [4].

1.3.3 Схема «дисторшн»

Данный класс схем очень сильно искажает входной сигнал, добавляя множество новых гармонических составляющих. Как правило этот тип схем выполняется на полупроводниковых элементах. Осциллограмма, отражающая качественную зависимость выходного сигнала от входного представлена на рисунке ниже

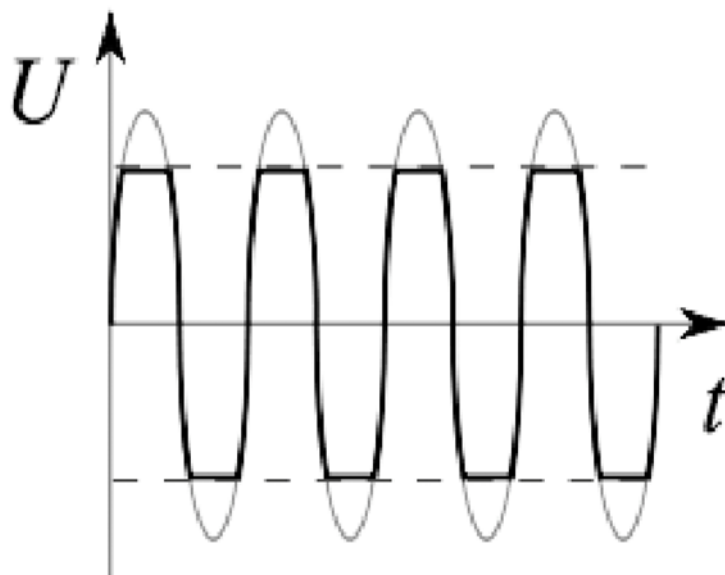


Рисунок 1.3 – Осциллограмма сигнала схемы «дисторшн»

На рисунке 1.3 видно, что данный тип схем резко «клиппирует» входной сигнал. Из-за резкого ограничения амплитуды выходного сигнала неизбежно изменяется форма, что приводит к внесению искажений в его спектр.

1.3.4 Схема «овердрайв»

Данный тип устройств использует иной тип искажений, отличный от «клиппинга». Классическая схема «овердрайв» выполняется на радиоэлектронной лампе. При увеличении амплитуды входного сигнала усилителя, получается «перегруженный» и неестественный звук, который, положительно влияет на звучание электрогитары.

В настоящее время, данные схемы возможно выполнить и с помощью полупроводниковых элементов, однако они лишь будут имитировать форму выходного сигнала схемы.

1.4 Компьютерное моделирование схем преобразования

Необходимо определить разницу между полупроводниковыми и ламповыми устройствами в характере искажений, вносимых в сигнал. Для проведения симуляции была выбрана программа Ableton Live 10 [5], которая является программой для записи и обработки звука. В данной программе присутствуют определенные алгоритмы обработки, которые позволяют произвести эмуляцию полупроводникового оборудования, а также ламповых усилителей, что является весьма удобным. Для возможности просмотра осциллограмм и спектров сигналов, были установлены специальные расширения «fabfilter Pro Q3» и «S(M)exoscope» [6, 7].

Для проведения тестов в качестве входного выбран синусоидальный сигнал с частотой 1046 Гц, что соответствует частоте ноты «до» пятой октавы. Выбор частоты обоснован ее нахождением в центре спектра сигнала электрогитары, что позволит оценить качество и характер вносимых искажений.

Результаты моделирования приведены в Приложении А. Как можно заметить, спектр двух сигналов очень близок друг к другу, однако осциллограммы сигналов очень сильно отличаются. Программа, в которой производилась запись спектра сигнала, выделила те гармонические составляющие, которые являются наиболее воспринимаемыми человеческим ухом. В обоих случаях данные частоты совпали, что позволяет сделать вывод о том, что характер самого звучания схожий.

В случае с устройством на радиолампах явные искажения наблюдаются только на отрицательной полуволне сигнала, что позволяет сделать вывод о том, что данный тип искажений является более воспринимаемым человеческим ухом. Большое количество искажений наблюдается в частотной области, превосходящей 11 кГц, однако полоса пропускания дальнейшего устройства в тракте (гитарного кабинета) позволяет избавиться от данных гармонических составляющих.

В случае с эмуляцией полупроводникового устройства наблюдаются явные искажения в области основной частоты, которые точно не будут являться полезной составляющей сигнала.

Все вышеперечисленные особенности эмуляции двух сигналов позволяют сделать вывод о том, что усилители на радиолампах являются более предпочтительными в гитарном тракте.

1.5 Обзор существующих устройств и схем

На современном рынке существует множество различных гитарных аксессуаров: аналоговые педали звуковых эффектов, цифровые процессоры обработки звука, различные эмуляторы старого, так называемого «винтажного» оборудования, предварительные усилители, а также комбинированные усилители. Всё это необходимо при работе со звукозаписью, а также для живых выступлений. Такой широкий выбор обусловлен тем, что невозможно объективно оценить звук каждого устройства, он является либо подходящим музыкальному жанру, либо нет. Поэтому каждый музыкант выбирает тот или иной эффект на свой вкус, основываясь на слух.

Необходимо произвести сравнение существующих устройств на рынке: комбинированных усилителей и предварительных усилителей

Ниже представлены самые популярные модели в различном ценовом диапазоне, а также представлены их доступные характеристики [8 - 11].

Таблица 1.5 – Сравнение параметров популярных усилителей

Название	Класс устройства	Габариты, Ш x В x Д (см)	Потребляемая мощность (Вт)	Цена (руб)
FENDER CHAMPION 100	Комбоусилитель	26 x 66 x 48,5	100	39100

Продолжение таблицы 1.5

Marshall JCM800 2203	Предварительный усилитель	75,0 х 31,0 х 21,5	100	113747
Orange Rockerverb 100H MK III	Комбоусилитель	55,0 х 27,0 х 28,0	100	122958
Hughes & Kettner TubeMeister Deluxe 20	Предварительный усилитель	35,5 х 15,5 х 15,0	20	41644

Комбоусилители, представленные в таблице 1.5, имеют два канала усиления: схема «дисторшн», а также схема «овердрайв». Предварительные усилители представлены схемой «овердрайв» и «клин».

Модель «Orange Rockerverb 100H MK III» не имеет возможности регулировки АЧХ, однако данное устройство позволяет производить пространственную обработку сигнала: искусственная реверберация и эхо [10].

У остальных моделей из таблицы присутствует возможность регулировки АЧХ. однако количество полос регулировки отличается

Как можно заметить, цена данных гитарных усилителей весьма велика, а также все эти устройства имеют достаточно большие габариты, что является неудобным при транспортировке и при студийной эксплуатации.

Такая цена на устройства обусловлена тем, процесс изготовления усилителя производится вручную. Кроме того, перед началом эксплуатации необходимо произвести настройку и устранить паразитные составляющие. Данная процедура также выполняется вручную.

Исходя из таблицы 1.5, необходима разработка компактного предварительного усилителя, который можно использовать на студии звукозаписи. Также цена этого усилителя должна быть весьма доступной.

1.5.1 Выбор принципиальной схемы для проектирования

Перед началом разработки предусилителя был произведен анализ доступных принципиальных схем предварительных усилителей. После прослушивания аудио-примеров, записанных через различные предусилители, был сделан субъективный выбор, основанный на предпочтениях в звучании и доступности компонентной базы. Выбранной принципиальной схемой предварительного усилителя является схема устройства «Mesa-Boogie Dual Rectifier» [12]. Особенностью данного устройства является возможность корректирования АЧХ обрабатываемого сигнала, что является очень важным при использовании устройства.

2 Разработка принципиальной схемы

2.1 Переработка выбранной схемы

Исходная принципиальная схема выбранного предварительного усилителя представлена в Приложении Б.

Выбранная схема является предварительным усилителем, который имеет два переключаемых режима усиления. «Красный» режим усиления – это принципиальная схема эффекта «дисторшн», а «оранжевый» режим – принципиальная схема эффекта «овердрайв». Для дальнейшей разработки необходимо внесение существенных изменений в принципиальную схему устройства.

При разработке принципиальной схемы было принято решение оставить только один режим усиления, что позволит минимизировать размеры проектируемого устройства. Был сделан выбор в пользу проектирования предусилителя с эффектом «овердрайв». После этого необходимо исключить из принципиальной схемы всё, что относится к иному режиму работы.

Данная принципиальная схема имеет переключатели, которые отвечают за два независимых эквалайзера, которые позволяют корректировать АЧХ предварительного усилителя, а также за изменение рабочих режимов радиоэлектронных ламп.

В процессе переработки схемы были удалены все элементы, допускающие вариации в прохождении сигнала. После удаления компонентов эффекта «дисторшн» сигнал имеет единый способ прохождения через проектируемый узел.

В исходной схеме используется шесть триодов, а после переработки принципиальная схема предусилителя стала содержать пять триодов. Так как большинство триодов являются сдвоенными, то одна часть радиолампы остается незадействованной. Данный триод можно использовать в качестве катодного повторителя, для обеспечения линейного выхода усилителя.

2.2 Структурная схема усилителя

Исходя из переработанной принципиальной схемы была составлена структурная схема усилителя.

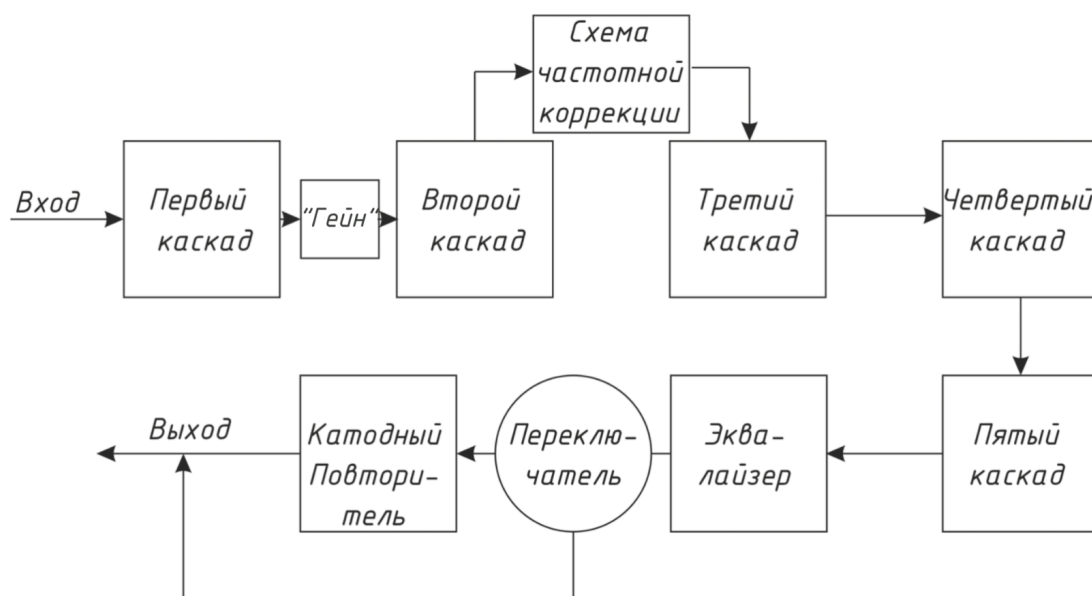


Рисунок 2.1 – Структурная схема усилителя

Первый каскад предварительно усиливает сигнал с электрогитары, после чего сигнал подается на сетку второго каскада через потенциометр, что позволяет регулировать амплитуду сигнала, которая усиливается в дальнейшем.

На выходе второго каскада усиления присутствуют пассивные элементы, которые позволяют отфильтровать помехи, чтобы в последующие каскады не так сильно их усиливали. Данное решение позволяет получить лучшее соотношение сигнала к шуму при прочих равных условиях. Последующие каскады дополнительно усиливают и видоизменяют сигнал.

Помимо каскадов усиления в схеме присутствует возможность регулирования АЧХ сигнала с помощью эквалайзера, а также возможность регулирования уровня входного и выходного сигналов. Данные взаимодействия осуществляются с помощью потенциометров.

2.2.1 Функциональное назначение потенциометров

Потенциометр «гейн» – усиление, гитарный «перегруз». Данный потенциометр отвечает за амплитуду напряжения, которая подается на последующий усилительный каскад. При крайнем левом положении, амплитуда равняется нулю, то есть сигнал не проходит дальше по цепи. При среднем уровне потенциометра значительная часть усиленного каскада поступает на сетку следующего каскада, что ведет к небольшому искажению выходного сигнала. При крайнем правом положении потенциометра, весь усиленный сигнал поступает на сетку последующего каскада, что приводит к достаточно сильным искажениям сигнала.

После прохождения второго, третьего, четвертого и пятого каскадов усиления присутствует графический эквалайзер. С ним можно взаимодействовать с помощью переменных резисторов.

Потенциометры «Высокие», «Средние», «Низкие» – по своей сути данные потенциометры являются частью устройства, которое называется графическим пассивным трехполосным эквалайзером. Он позволяет усилить или ослабить сигнал в определенном частотном диапазоне, что позволяет скорректировать АЧХ выходного сигнала.

Потенциометр «Присутствие». По своей сути данный потенциометр также является частью эквалайзера, но есть существенное различие во влиянии на звук. Данный потенциометр позволяет полностью избавиться от высокочастотной составляющей звука, а не уменьшить ее значение.

Потенциометр «Уровень». Данный потенциометр отвечает за непосредственную громкость, получаемую на выходе. Из принципиальной схемы видно, что он является простым резистивным делителем, который делит сигнал в пропорциональном соотношении с поворотом потенциометра. Существует принципиальное отличие от потенциометра «гейн». Состоит оно в том, что при изменении положения «Уровня» искажений сигнала не наблюдается, так как сигнал после поступает на выход схемы.

2.3 Замещение компонентной базы

Номиналы компонентов выбранной принципиальной схемы рассчитаны на радиоэлектронную лампу 12AX7. Данная радиолампа является удвоенным триодом, то есть в одном корпусе содержатся два триода. Параметры данной радиоэлектронной лампы представлены в таблице ниже [13].

Таблица 2.1 – Параметры радиолампы 12AX7

Параметр	Величина
Напряжение на аноде, В	100 - 250
Напряжение смещения на первой сетке, В	-1,5
Ток в цепи анода, мА	0.5 - 1.2
Внутреннее сопротивление, кОм	62.5 - 80
Коэффициент усиления	100
Напряжение накала, В	12,6/6,3

На сегодняшний день данные модели радиоламп являются очень редкими, поэтому найти их не представляется возможным. Однако существует отечественный аналог, радиолампа 6Н2П-ЕВ, которая обладает максимально схожими характеристиками [14].

Таблица 2.2 – Параметры радиолампы 6Н2П-ЕВ

Параметр	Величина
Напряжение на аноде, В	250
Напряжение смещения на первой сетке, В	-1,5
Ток в цепи анода, мА	$2,3 \pm 0,9$
Внутреннее сопротивление, кОм	50
Коэффициент усиления	$97,5 \pm 17,5$
Напряжение накала, В	$6,3 \pm 0,6$

При сравнении параметров данных радиоламп можно сделать вывод о том, что отечественная 6Н2П-ЕВ является хорошей альтернативой радиолампе 12АХ7. При использовании данной радиолампы не придется производить перерасчет принципиальной схемы.

Необходимо отметить, что напряжения нити накала двух представленных моделей отличается. Это обусловлено тем, что у данных радиоламп внутреннее устройство различно. В случае 12АХ7 существует два способа подключения питания.

На рисунке 2.2 нить накала радиолампы соответствует выводам 4 и 5. Также существует вывод под номером 9 [13], который является средней точкой между двумя нитями накала. Это позволяет питать нить накала как от 12,6 В (при подключении нитей накала последовательно), так и от 6,3 В (при подключении нитей накала параллельно).

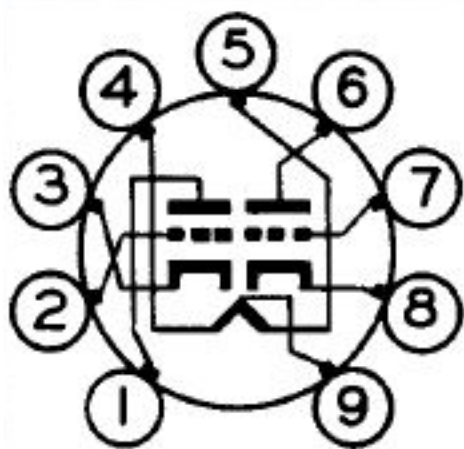


Рисунок 2.2 – Расположение выводных контактов радиолампы 12АХ7

Внутреннее устройство радиолампы 6Н2П-ЕВ подразумевает только параллельное подключение нитей накала.

2.4 Режимы работы усилителя

Проектируемый предварительный усилитель предполагает эксплуатацию при студийной звукозаписи. Запись сигнала электрогитары может осуществляться двумя возможными способами –

- а) Электрогитара – предварительный усилитель – гитарный кабинет – микрофон – вход звуковой карты компьютера;
- б) Электрогитара – предварительный усилитель, линейный выход – вход звуковой карты компьютера.

В первом случае выход предварительного усилителя должен быть рассчитан на высокоомную нагрузку. Во втором случае выход предварительного усилителя должен быть линейным, так как вход звуковой карты является низкоомной нагрузкой [15].

Так как подходы к записи инструмента сильно отличаются, то необходимо предусмотреть возможность переключения режимов работы усилителя

2.4.1 Буфер. Линейный выход усилителя

Буфером называется повторитель напряжения, который способен отдать большой ток. Схемотехнически буфер можно реализовать с помощью эмиттерного повторителя, а также операционного усилителя с соответствующей схемой включения [16].

Введение в принципиальную схему полупроводниковых элементов возможно, однако для этого необходимо предусмотреть отдельную схему питания для буферного выхода, что не является рациональным. Кроме того, полупроводниковые элементы при непосредственной близости к радиолампе будут нагреваться, что может привести к выходу из строя элемента. Для обеспечения буферного выхода очень удобно воспользоваться одним триодом радиолампы 6Н2П-ЕВ, который остался неиспользуемым в результате пересмотра исходной схемы

2.5 Выходной каскад усиления

Обеспечение линейного выхода (то есть каскада с низким выходным сопротивлением) является возможным при использовании радиоэлектронной лампы. Данная схема носит название катодного повторителя. Ниже представлено схемотехническое решение, которое является оптимальным для выходного каскада гитарного усилителя [17].

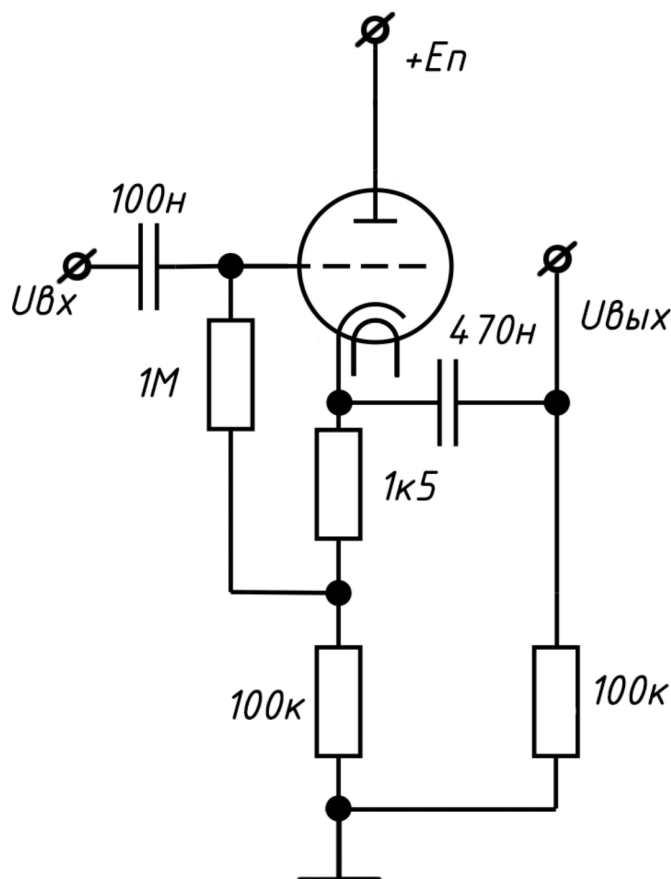


Рисунок 2.3 – Катодный повторитель

Смещение катода катодного повторителя легко организовать, сделав «отвод» необходимого напряжения на сетку от катодного резистора, тем самым подав на сетку потенциал ниже того который будет на катоде. Такая схема является классическим узлом, нагруженным на схему фильтрации сигнала.

Катодный повторитель предполагает очень высокое входное сопротивление и низкое выходное, что по своей сути является буфером для выходного сигнала.

2.6 Пассивный эквалайзер

Частью данного предварительного усилителя является схема, которая позволяет регулировать АЧХ. Данная схема является пассивным эквалайзером, поэтому возможно только ослабление какого-либо участка спектра. Существует возможность регулировки трех полос усиления (нижние частоты, средние частоты, высокие частоты), а также фильтр, позволяющий осуществлять срез верхних частот с регулировкой частоты среза.

Управление АЧХ осуществляется с помощью потенциометров, назначение которых было описано в подпункте 2.2.1.

Для данной схемы была произведена симуляция в программе MultiSim с целью определения АЧХ для различных положений ручек потенциометров. Результаты моделирования представлены в Приложении В

После анализа исходной принципиальной схемы был выполнен чертеж переработанной принципиальной схемы усилителя. Принципиальная схема предварительного усилителя представлена в Приложении Г. Перечень элементов представлен в Приложении Д

2.7 Разработка схемы питания усилителя

Питанием радиолампы осуществляется либо переменным, либо постоянным напряжением. Для аудиоаппаратуры допустимо использование только постоянного напряжения. Это объясняется тем, что между анодом и сеткой присутствует паразитная емкость. Так как по своей сути радиолампа – это два (или более) проводника, между которыми находится диэлектрик. Отсюда следует, что даже при наличии запирающего напряжения на сетке через

радиолампу будет проходить сигнал от питающей сети с частотой 50 Гц, который при усилении даст неприятный гул и шум [18].

2.7.1 Структурная схема цепи питания

Так как усилитель будет питаться от постоянного напряжения, принципиальная схема источника питания должна состоять из следующих элементов:

- а) Трансформатор с одной первичной обмоткой, двумя вторичными обмотками (220/6,3 В, 220/250 В);
- б) Выпрямительный диодный мост для каждой цепи питания;
- в) Стабилизирующие электролитические конденсаторы большой емкости;
- г) Фильтры для минимизации влияния ВЧ помех.

Структурная схема цепи питания представлена ниже.

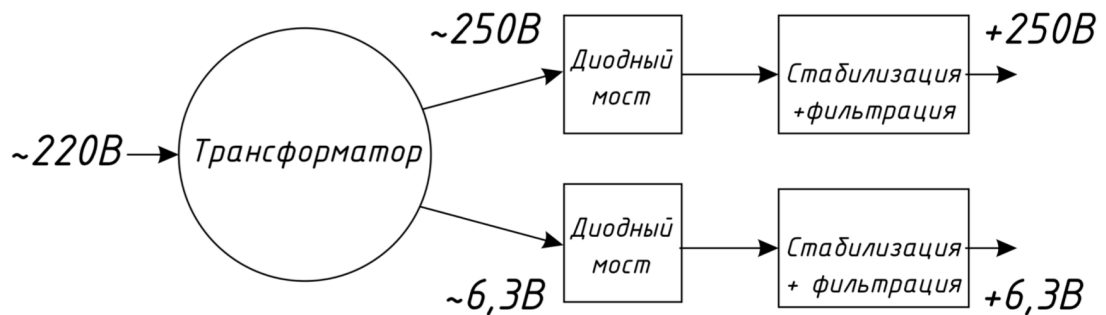


Рисунок 2.4 – Структурная схема цепи питания

2.7.2 Выбор типа трансформатора

Радиоэлектронные лампы имеют весьма низкий КПД (порядка 1%). Отсюда следует, что большая часть энергии превращается в тепло. Поэтому при разработке источника питания необходимо обеспечить максимально возможный

коэффициент полезного действия. Для этого необходимо остановиться на выборе тороидального трансформатора.

Данный тип трансформаторов весьма удобно расположить на плате, а также он не занимает много места из-за того, что магнитопровод находится под его обмоткой. Для изготовления трансформатора необходимо произвести его расчет.

2.7.3 Расчет трансформатора

В схеме усилителя будут задействованы 6 триодов. Учитывая, что в каждой лампе по 2 триода, будет использовано 3 лампы 6Н2П-ЕВ.

Для расчетов трансформатора необходимо взять самые большие значения напряжений и токов из разброса. Таким образом для одной лампы –

- а) Напряжение цепи накала 6,3 В, ток цепи накала составляет 365мА [14];
- б) Напряжение анода составляет 300 В, ток анода 3,2 мА [14].

В корпусе одной радиолампы расположены два триода. Таким образом для одной радиолампы потребляемая мощность:

$$P_i = I_k \cdot U_k + 2U_a \cdot I_a \quad (2.1)$$
$$P_i = 0,365 \cdot 6,3 + 2 \cdot 300 \cdot 0,0032 = 4,29 \text{ Вт}$$

Общая потребляемая мощность определяется следующей формулой:

$$P = 3P_i = 4,29 \cdot 3 = 12,87 \text{ Вт} \quad (2.2)$$

Исходя из расчетов, удобно взять трансформатор мощностью 15 Вт для обеспечения запаса по питанию.

2.7.4 Изготовление трансформатора

В ходе проектирования было принято решение заказать изготовление данного трансформатора. Компании, которая занималась изготовкой, было отправлено техническое задание на изготовление трансформатора.

Таблица 2.3 – Техническое задание на изготовление трансформатора

Параметр	Значение
Напряжение первичной обмотки, В	220
Напряжение вторичных обмоток, В	6,3 В, 250
Ток вторичной обмотки (6,3 В), А	1,1
Ток вторичной обмотки (240 В), А	0,07
Максимальные габариты, Ш x В x Д, мм	90 x 90 x 50
Мощность, Вт	15

Изготовленный трансформатор соответствует всем заявленным требованиям.

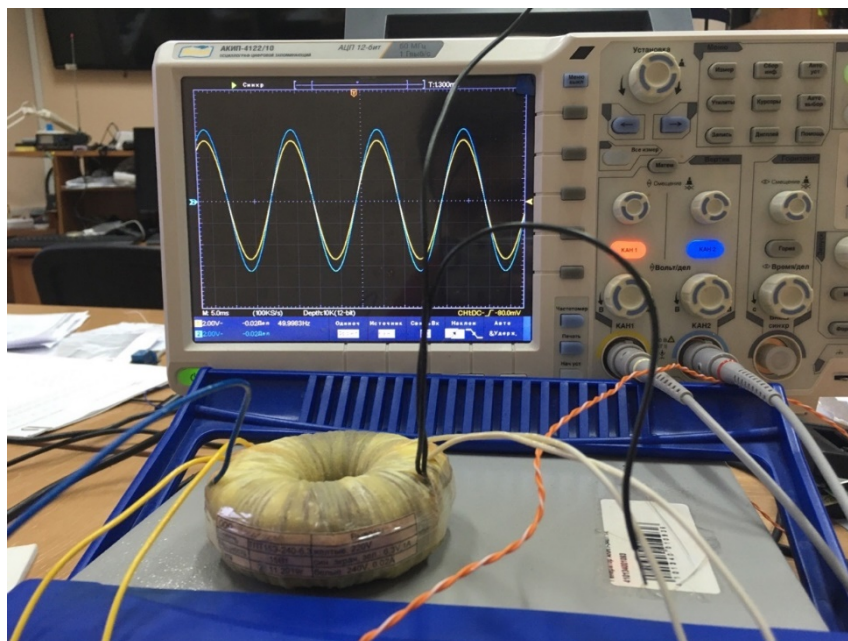


Рисунок 2.5 – Изготовленный трансформатор

2.7.5 Расчет и выбор диодных мостов

Так как необходима реализация двух цепей питания, диодных моста также должно быть два.

Суммарный ток, протекающий через цепь накала, составляет 1,1 А. Такой ток может привести к перегреву диодного моста. Исходя из этого было принято решение воспользоваться выпрямительным диодным мостом в цельном корпусе, рассчитанным на большие токи. В качестве выпрямителя был выбран диодный мост KBL408 [19].

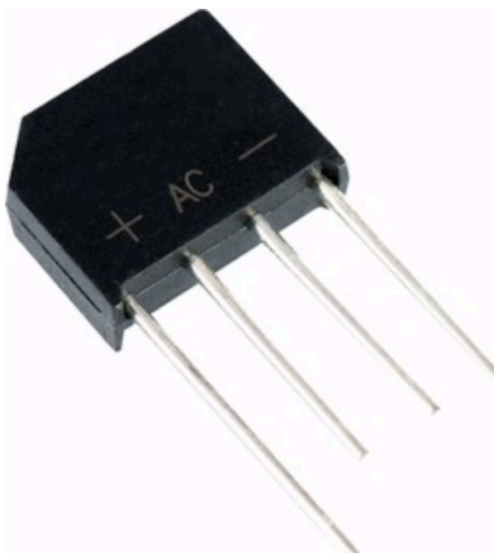


Рисунок 2.6 – Диодный мост KBL408

Выбранный мост по всем параметрам подходит для использования его в качестве выпрямителя в цепи нити накала. Максимальный допустимый ток для него составляет 4 А.

Токи анодной цепи существенно меньше, однако напряжение этой цепи составляет 250 В, поэтому для изготовления диодного моста были выбраны выпрямительные диоды 1N4007. Максимальное приложенное обратное напряжение диодов составляет 1000 В, а максимальный ток через диод составляет 1А [20], что в несколько раз превосходит условия работы проектируемого диодного моста.

2.7.6 Расчет и выбор конденсаторов и фильтров

Ниже представлены сфазированные осциллограммы входного напряжения питания, напряжения после диодного моста, а также сглаженное напряжение после конденсатора большой емкости.

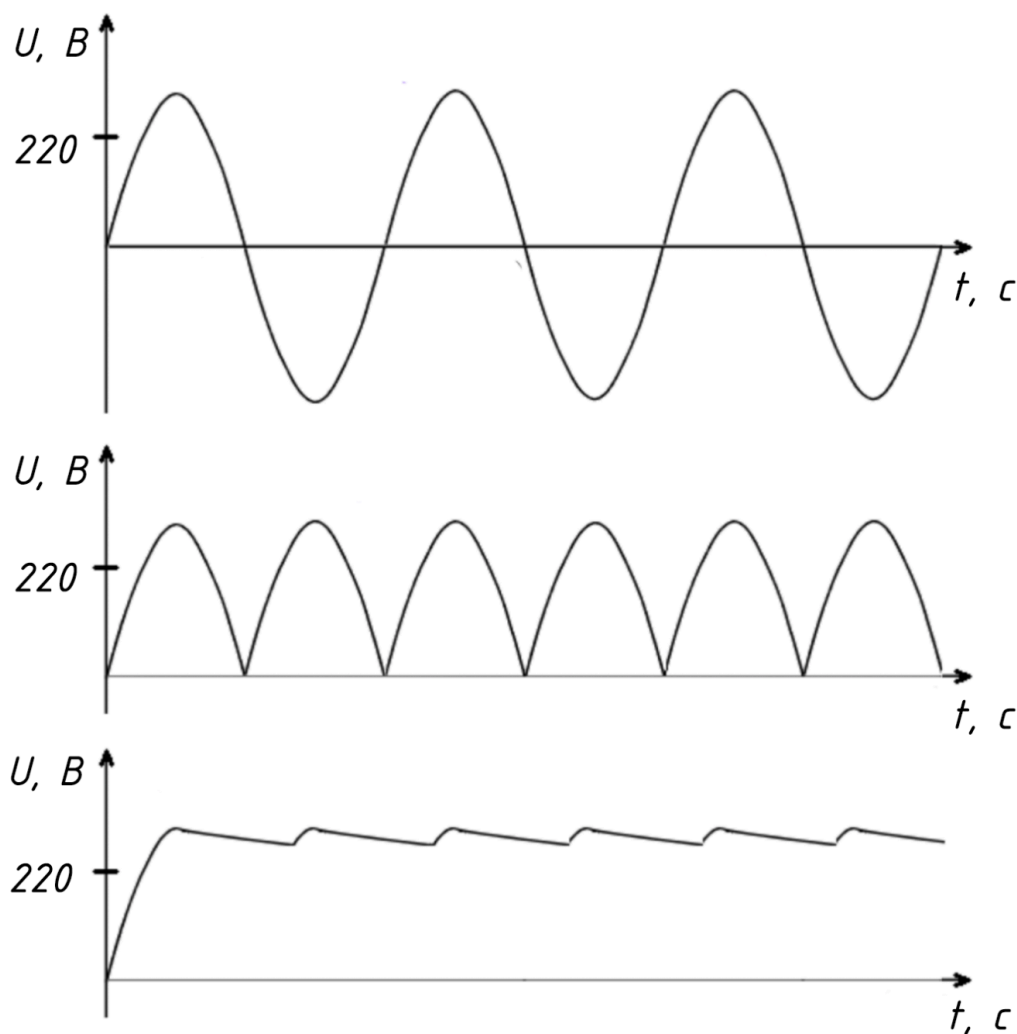


Рисунок 2.7 – Осциллограммы питания

Очевидно, что диодный мост не обеспечивает постоянное напряжение, а лишь отражает нижнюю часть синусоиды. Для того, чтобы напряжение стало постоянным, необходимо использовать конденсатор большой емкости, который будет заряжаться и медленно разряжаться до следующего полупериода.

Как видно из рисунка 2.5, даже наличие конденсатора не обеспечивает на 100% постоянного напряжения. В выходном напряжении присутствуют пульсации, которые напрямую зависят от емкости конденсатора.

Это объясняется тем, что напряжение на конденсаторе при разряде изменяется по следующему закону:

$$U(t)_c = U_0 \cdot e^{\frac{-t}{\tau}}, \quad (2.4)$$

где $U(t)_c$ – напряжение на конденсаторе, В;

U_0 – напряжение в начальный момент времени, В;

τ - постоянная времени цепи, $\tau = RC$, с.

В тот момент времени, когда полуволна синусоиды проходит через конденсатор, он начинает заряжаться до значения амплитуды входного сигнала, в промежутке между спадом амплитуды и новым пиком, конденсатор начинает разряжаться. Скорость разряда определяется параметром τ , то есть произведением емкости конденсатора и сопротивления цепи. Необходимо рассчитать емкость конденсатора, при которой будет значение пульсаций оптимальными.

Данная схема питания подразумевает наличие двухполупериодного выпрямления. Формула определения емкости при двухполупериодном выпрямлении [21]:

$$\Delta U = \frac{I_n}{2fC} \quad (2.5)$$

где ΔU – двойная амплитуда пульсации напряжения, В;

I_n – ток нагрузки, А;

f – частота напряжения питания сети, Гц.

Коэффициент пульсации определяется следующей формулой:

$$K_p = \frac{\Delta U}{2U_0}, \quad (2.6)$$

где K_p – коэффициент пульсаций;

U_0 – постоянная составляющая, В.

Для каскадов предварительного усиления K_p положим 10^{-2} . Таким образом для анодной цепи:

$$\Delta U = 2K_p \cdot U_0 = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 250 = 0,5 \text{ В} \quad (2.7)$$

Минимальная емкость электролитических конденсаторов:

$$C = \frac{I_n}{2f\Delta U}, = \frac{0,007}{2 \cdot 50 \cdot 0,5} = 14 \text{ мкФ} \quad (2.8)$$

Увеличим рассчитанную емкость в три раза для дополнительного снижения коэффициента пульсаций. Округляя до номиналов из ряда E24, получим емкость электролитических конденсаторов, равную 47 микрофард.

Дополнительную фильтрацию напряжения позволяет осуществить П-фильтр, состоящий из двух параллельных конденсаторов и резистора между ними. Эмпирическим путем были подобраны номиналы, которые обеспечивают выходное напряжение равным 250 В, что является срединным значением диапазона стабильной работы радиолампы 6Н2П-ЕВ.

В данной схеме питания необходимо предусмотреть фильтрующий конденсатор от высокочастотных помех, которые могут проникнуть в само устройство. Для этого необходимо поставить конденсатор емкостью несколько нанофард для того, чтобы высокочастотная составляющая проходила через него на общий провод. На работу нити накала такие ВЧ помехи никак не влияют, поэтому данный конденсатор необходимо установить только в анодной цепи

питания, причем сделать это необходимо до сглаживающих конденсаторов, чтобы сразу отфильтровать помеху.

2.7.7 Обеспечение разрядки электролитических конденсаторов

Электролитические конденсаторы, напряжение на которых составляет 250 В являются опасными для жизни, поэтому необходимо предусмотреть способ разрядки этих конденсаторов после выключения питания.

Чтобы не вносить изменения в процессы, протекающие в цепи питания, необходимо параллельно электролитическому конденсатору поставить резистор номиналом несколько мегаом для неспешной разрядки конденсатора.

Экспериментальным путем был найден оптимальный номинал резистора, который практически не играет роли при заряде конденсатора, но который позволяет достаточно быстро (в течение пяти минут) разрядить все емкости в схеме.

По результатам расчета была спроектирована и протестирована схема питания. Принципиальная схема блока питания усилителя представлена в Приложении Е. Перечень элементов представлен в Приложении Ж.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе необходимо произвести исследование о соответствии современным требованиям разработки и проектирования предварительного усилителя для электрогитары

Цель исследования – определение потребности в интеллектуальных и материальных ресурсах, необходимых для проведения комплекса этих работ.

В текущем разделе необходимо определить продолжительность работ, необходимо произвести расчет трудовых затрат проекта. Также необходимо эффективно организовать производство для уменьшения экономических затрат.

Для эффективной организации производства необходимо экономически обосновать все инженерные решения.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Тема научно-исследовательской работы – разработка и проектирование предварительного усилителя для электрогитары. Данное устройство очень популярно среди музыкантов, так как оно позволяет в полной мере раскрыть возможности инструмента.

Данное устройство должно пройти этапы проектирования, сборки прототипа и настройки и тестирования. После чего необходимо подготовить всю техническую документацию на данное устройство

Так как музыкальная индустрия развивается стремительными темпами, современный рынок наполнен различными устройствами для звукозаписи, обработки сигнала. Такой широкий ассортимент обусловлен тем, что каждый

производитель ставит себе цель достичь неповторимое звучание, которого нет у других, поэтому существует большое количество вариаций одной и той же структурной схемы усилителя.

Однако музыкальное оборудование является очень дорогостоящим, а также рынок представлен практически полностью зарубежными брендами. В России рынок музыкальной аппаратуры очень слабо развит, существует только один современный производитель, которому удалось выйти на мировой рынок – «AMT Electronics».

Результаты построения карты сегментирования рынка представлены в таблице ниже

Таблица 4.1 – Сегментация рынка

	Область применения			
	Предприятия, занимающиеся сборкой музыкального оборудования	Предприятия, занимающиеся разработкой музыкального оборудования	Музыкальные лейблы	Интернет-магазины, занимающиеся созданием музыкальной продукции
Зарубежные	Нет	Нет	Нет	Да
Отечественные	Да	Да	Нет	Да

Применять разработки на зарубежном рынке среди предприятий, ведущих разработку музыкальной аппаратуры затруднительно, так как устройство выполнено с использованием отечественной компонентной базы: радиолампы 6Н2П-ЕВ, у которых есть зарубежные аналоги, однако в таком случае необходим пересмотр принципиальных схем и расчетов усилителя.

В таком случае можно сделать вывод, что наиболее выгодно применить результаты научного исследования для отечественных предприятий, которые занимаются производством и сборкой музыкального оборудования, однако

таких предприятий немного. Также возможна область применения в виде отечественных и зарубежных интернет-магазинов, у которых имеется собственное производство оборудования. Например, компания из Риги Erica Syths, у которой имеются свои разработки в области музыкальной техники.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице 4.2.

В качестве конкурирующих разработок были выбраны: отечественный ламповый усилители AMT SS-11A, обозначенный в карте оценки как Б_{К1}, а также Marshall DSL1 HEAD, обозначенный в карте оценки как Б_{К2}. Данные устройства находятся в одинаковом ценовом диапазоне, но один из них является отечественной разработкой, а другой зарубежной. Разрабатываемое устройство обозначено в карте оценки как Б_Ф.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Соотношение сигнал/шум	0,15	4	5	5	0,6	0,75	0,75
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
3. Функциональная мощность	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
4. Энергоэффективность	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
5. Надежность	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
6. Помехозащищенность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1 Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	5	0,25	0,20	0,25
2 Уровень проникновения на рынок	0,04	3	5	5	0,12	0,2	0,2
3 Цена	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
4 Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
Итого	1	46	39	41	4,72	3,83	3,89

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 4,72, в то время как двух других аналогов 3,83 и 3,89 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как цена, энергоэффективность и удобство в эксплуатации.

4.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научноисследовательский проект. В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей –

а) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- 1) влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- 2) перспективность рынка;
- 3) пригодность для продажи;
- 4) перспективы конструирования и производства;
- 5) финансовая эффективность;
- 6) правовая защищенность.

б) Показатели оценки качества разработки:

- 1) динамический диапазон;
- 2) вес;
- 3) ремонтпригодность;
- 4) энергоэффективность;
- 5) долговечность;
- 6) эргономичность;

- 7) унифицированность;
- 8) уровень материалоемкости разработки.

С помощью анализа конкурентных технических решений можно выявить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Проведем данный анализ с помощью оценочной карты, представленной в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Помехоустойчивость	0,1	75	100	0,75	7,5
2. Надежность	0,15	90	100	0,9	13,5
3. Безопасность	0,1	85	100	0,85	8,5
4. Ремонтопригодность	0,1	80	100	0,8	8
5. Энергоэффективность	0,05	70	100	0,7	3,5
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
6. Конкурентоспособность продукта	0,1	80	100	0,8	8
7. Уровень проникновения на рынок	0,1	60	100	0,6	6
8. Цена	0,15	90	100	0,9	13,5
9.Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	90	100	0,9	13,5
Итого	1				82

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{\text{ср}} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.2)$$

где $П_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Показатель $П_{\text{ср}} = 82$ говорит о том, что разработка считается перспективной и следует развивать ее.

4.1.4 SWOT – анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов. Первый этап помогает выявить сильные и слабые стороны проекта, также возможности и угрозы.

Таблица 4.4 – SWOT-анализ

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	С1. Эффективное энергопотребление	Сл1. Низкая ударопрочность
	С2. Эргономика. Устройство занимает очень мало место	Сл2. Зависимость от отечественной компонентной
	С3. Блочная конструкция. Простой ремонт	Сл3. Выход на рабочий режим – 5 минут
	С4. Интуитивное взаимодействие с усилителем	Сл4. Высокое напряжение
	С5. Экранированный корпус	
Возможности:		

Продолжение таблицы 4.4

В1. Повышение стоимости конкурентных разработок по отношению к разрабатываемому проекту	Улучшение характеристик устройства позволит увеличить спрос, а также произвести замещение отечественной компонентной базы на импортную.	Использование инновационной структуры ТПУ позволит провести необходимые дополнительные исследования, что в свою очередь может увеличить интерес у производственных предприятий.
В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт (в том числе, из-за малого наличия конкурентов в стране).		
В3. Привлечение специалистов из ТПУ для работы над проектом		
В4. Предусмотрение использования зарубежной компонентной базы		
Угрозы:		
У1. Отсутствие спроса на устройство	Снизить конкуренцию за счет простоты и удобства использования продукции	Повышение стоимости компонентной базы негативно скажется на стоимости устройства, что приведет к падению спроса на него. Замена используемых элементов устройство негативно скажется на качестве усиления
У2. Повышение стоимости компонентной базы		
У3. Несвоевременное финансирование проекта		
У4. Введение дополнительных государственных требований и сертификации продукции		
У5. Ограничения на экспорт технологии		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 4.5-4.8

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

		Сильные стороны				
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности	1	0	+	-	+	+
	2	+	+	+	-	+
	3	+	+	-	-	0
	4	+	0	+	+	-

При анализе интерактивной таблицы 4.5 можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и возможности: Возможность 1 – Сильные стороны проекта C2, C4, C5. Возможность 2 – C1, C2, C3, C5. Возможность 3 – C1, C2. Возможность 4 – C1, C3, C4.

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

		Сильные стороны			
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности	1	+	-	+	+
	2	+	0	-	-
	3	-	+	+	-
	4	-	+	-	+

При анализе интерактивной таблицы 4.6 можно выявить следующие коррелирующие слабые стороны и возможности: Возможность 1 – Слабые стороны проекта Сл1, Сл3, Сл4. Возможность 2 – Сл1. Возможность 3 – Сл2, Сл3. Возможность 4 – Сл2, Сл4.

Таблица 4.7 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

		Сильные стороны				
		1	2	3	4	5
Угрозы	1	+	+	0	-	-
	2	+	-	+	-	+
	3	+	0	-	0	0
	4	0	-	0	+	+
	5	+	-	-	-	-

При анализе интерактивной таблицы 4.7 можно выявить следующие коррелирующие сильные стороны и угрозы: Угроза 1 – Сильные стороны проекта С1, С2. Угроза 2 – С1, С3, С5. Угроза 3 – С1. Угроза 4 – С4, С5. Угроза 5 – С1.

Таблица 4.8 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

		Сильные стороны			
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Угрозы	1	0	+	-	-
	2	-	+	+	0
	3	-	+	-	+
	4	+	0	+	+
	5	-	+	-	0

При анализе интерактивной таблицы 4.8 можно выявить следующие коррелирующие слабые стороны и угрозы: Угроза 1 – Слабые стороны проекта Сл2. Угроза 2 – Сл2, Сл3. Угроза 3 – Сл2, Сл4. Угроза 4 – Сл1, Сл3, Сл4. Угроза 5 – Сл2.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При создании нового продукта предприятию необходимо правильно планировать сроки выполнения отдельных этапов работ, учитывать расходы на материалы, зарплату. А также оценивать наиболее правильный вариант изготовления рабочего продукта.

В первую очередь определяется полный перечень проводимых работ, а также продолжительность на каждом этапе. В результате планирования формируется график реализации проекта. Для построения работ необходимо соотнести соответствующие работы каждому исполнителю. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель, студент
Выбор направления исследований	3	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, студент
	4	Подбор литературы по тематике работы	Студент
	5	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент

Продолжение таблицы 4.9

Теоретические и экспериментальные исследования	6	Разработка схемы электрической принципиальной	Студент
	7	Моделирование схемы и разработка её 3D – модели	Студент
	8	Проектирование механической части устройства	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки к работе	Студент

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Продолжительность работ на каждом этапе проектирования определяется следующей формулой:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.3)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн. ;

$t_{\min i}$ –минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств),чел.-дн.;

$t_{\max i}$ –максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

В данном дипломном проекте трудоемкость рассчитывается исходя из работ, которые выполняют студент и научный руководитель. Исходя, из полученной трудоемкости рассчитывается продолжительность работ, на каждом этапе проектирования, по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4.4)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожi}$ –ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.дн.;

$Ч_i$ –численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на одном этапе, чел.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой 4.5:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.5)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i-й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i-й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле 4.6:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.6)$$

где $T_{\text{кал}}$ – календарные дни;

$T_{\text{вых}}$ – выходные дни;

$T_{\text{пр}}$ – праздничные дни.

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2019 год, количество календарных дней составляет 365 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных – 104 дней, а количество праздничных дней – 14, таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1.48 \quad (4.7)$$

Все полученные значения заносятся в таблицу 4.10 (Приложение Й).

После заполнения таблицы, необходимо построить календарный план-график, представленный в таблице 4.11 (Приложение К). График строится для максимального по длительности исполнения работы в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени проведения работ. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и верное отражение различных видов расходов, связанных с его выполнением.

4.3.1 Расчет материальных затрат исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (4.8)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Материальные затраты

Наименование	Единиц а измерен	Количество				Цена за ед., руб.	
		Исп.1	Исп.2	Исп.2	Исп.1	Исп.1	Исп.2
Резисторы (0,25 Вт)	шт	22	22	3	0,71	66	66
Резисторы SMD (0,25 Вт)	шт.	3	3	3	0,71	9	9
Резисторы (2 Вт)	шт	7	7	8	3	56	56
Конденсаторы пленочные	шт	7	7	15	10	105	105
Конденсаторы пленочные (исп 2)	шт.	6	6	12	11	72	72
Конденсаторы электролитические	шт	6	6	40	35	240	240
Конденсаторы танталовые, SMD	шт.	3	3	16	11	48	48

Продолжение таблицы 4.12

Конденсаторы керамические	шт	2	2	8	8	16	16
Разъемы Jack-Jack 6,3mm	шт.	2	2	130	50	260	260
Тумблер ON-ON	шт	2	1	57	15	114	57
Панель для радиоэлектронной лампы	шт.	3	3	22	22	66	66
Радиоэлектронная лампа 6Н2П-ЕВ	шт.	3	3	210	210	630	630
Печатная плата	шт.	1	2	153	153	153	306
Стеклотекстолит (100 x 100 мм)	шт.	1	0	150	120	150	0
Светодиоды, 3мм	шт.	3	0	7	3	21	0
Разъем PLS 5	шт.	2	2	8	4	16	16
Разъем PBS 5	шт.	2	2	8	4	16	16
Трансформатор	шт	1	1	600	600	600	600
Диодный мост	шт.	1	1	36	21	36	36
Диод 1N4007	шт.	4	4	6	3	24	24
Провод зеленый	см	30	0	0,5	0,5	15	0
Провод красный	см	30	0	0,5	0,5	15	0

Продолжение таблицы 4.12

Провод черный	см	30	0	0,5	0,5	15	0
Канифоль	шт.	1	1	120	95	120	120
Припой	шт.	1	1	230	170	230	230
Изопропанол	шт.	1	0	400	400	400	0
Щетка для очитки	шт.	1	1	50	30	50	50
Кабель питания	шт.	1	1	140	120	140	140
Термоусадка	см	100	0	0,5	0,5	50	0
Ручка	шт.	1	1	10	10	10	10
Тетрадь	шт.	1	1	10	10	10	10
Электроэнергия	кВт*ч	1	1	3,5	3,5	3,5	3,5
Печать	руб/лист	1	1	5	4	5	5
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	320	320	320	320
Итого						4081	3511

Под Исп.1 и Исп.2 подразумеваются различные технические решения. Такие как, например, заказ изготовления печатной платы или же выполнение изготовления вручную. Все эти отличия не влияют на коммерческий потенциал или качество разработки.

4.4 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Амортизационные отчисления за время использования оборудования, руб.
Компьютер	1	70000	5250
Паяльная станция	1	5300	66,25
Итого	2	10616,25	

Так как компьютер, используемый при выполнении работы, был в наличии, то он учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

4.4.1 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной заработной плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату по формуле ниже:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}}, \quad (4.9)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (ассистента) рассчитывается по следующей формуле 4.7:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (4.10)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 4.11:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (4.11)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	44	48
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени:	56	28
- отпуск	0	0
- невыходы по болезням		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} (1 + k_{пр} + k_d) k_p, \quad (4.12)$$

где Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{tc});

k_d – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_{tc} , руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	33664	0,3	0,2	1,3	65644	2719,9	12	32639
Студент	26300	0,3	0,2	1,3	51285	1939,5	105	203647
Итого, руб								236286

4.1.1 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.13)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$Z_{\text{доп рук}} = 0,13 \cdot 32639 = 4243 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп студ}} = 0,13 \cdot 203647 = 26474 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп}} = 4243 + 26474 = 30717 \text{ руб.}$$

4.1.2 Отчисления во внебюджетные фонды

В данном разделе рассчитаны отчисления во внебюджетные фонды. Согласно законодательству РФ они являются обязательными, а именно отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.14)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.		Дополнительная заработная плата, руб.	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Руководитель проекта	32639	32639	4243	4243
Студент - дипломник	203647	203647	26474	26474
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271			
Итого				
Исполнение 1	72357			
Исполнение 2	72357			

4.4.1 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовый и телеграфный расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.15)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$Z_{\text{накл}} = (6342 + 25000 + 140224,6 + 16826,9 + 42560,9) \cdot 0,16 = 36953 \text{ руб.}$$

4.4.2 Формирование бюджета затрат

Таблица 4.17 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НТИ	4081	3511	Пункт 4.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	10616,25	10616,25	Пункт 4.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	236286	236286	Пункт 4.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	30717	30717	Пункт 4.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	72357	72357	Пункт 4.3.5
6. Накладные расходы	36953	36953	Пункт 4.3.6
7. Бюджет затрат НТИ	391010,25	390440,25	Сумма ст. 1-6

Как говорилось выше, Под Исп.1 и Исп.2 подразумеваются различные варианты технических решений. В первом исполнении предусмотрено самостоятельное изготовление печатной платы, а также более дорогие аналоги комплектующих. Все эти отличия не влияют на коммерческий потенциал или качество разработки.

4.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу

расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп. i}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (4.16)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп. i}}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Максимальная стоимость составляет 379240 рублей для исполнения 2, следовательно, в соответствии с формулой 4.13:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп. 1}} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{390440,25}{391010,25} = 0,998$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп. 2}} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{391010,25}{391010,25} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом по формуле 4.17:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (4.17)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Соотношение сигнал/шум	0,3	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	5
3. Помехозащищенность	0,15	4	4
4. Энергоэффективность	0,2	5	4
5. Надежность	0,25	5	4
ИТОГО	1	24	21

Таким образом, интегральный показатель ресурсоэффективности равен:

$$I_{p-исп.1} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 = 4,6,$$

$$I_{p-исп.2} = 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 = 4,1.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формулам 4.18 и 4.19:

$$I_{ucn2} = \frac{I_{p2}}{I_{финр}^{ucn2}} = \frac{4,1}{1} = 4,1 \quad (4.18)$$

$$I_{ucn1} = \frac{I_{p1}}{I_{финр}^{ucn1}} = \frac{4,6}{0,99} = 4,64 \quad (4.19)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) находится по формулам 4.16 и 4.17.

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_{ucn1}}{I_{ucn2}} = \frac{4,64}{4,1} = 1,13 \quad (4.20)$$

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_{ucn2}}{I_{ucn1}} = \frac{4,1}{4,64} = 0,88 \quad (4.21)$$

Сравнительная эффективность разработки представлена в таблице 4.19:

Таблица 4.19 Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,998	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки (I_{pi})	4,6	4,1
3	Интегральный показатель эффективности ($I_{исп}$)	4,64	4,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения (\mathcal{E}_{cp})	1,13	0,88

Проведя сравнение значений интегральных показателей эффективности, произведен выбор наиболее эффективного варианта решения технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Первый вариант является наиболее оптимальным исполнением проекта.

5 Социальная ответственность

Научно-исследовательская работа направлена на разработку усилителя звуковой частоты, выполненного на радиоэлектронных лампах. Данный усилитель предназначен для усиления и преобразования звука электрогитары.

В среде музыкантов данные виды усилителей получили очень широкое распространение, так как они позволяют получить необходимое звучание гитары.

Разработка такого усилителя включает в себя изготовление печатной платы, компоновку электронных компонентов, а также конструкторскую работу по сборке усилителя.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ работник аудитории 35, 4 корпуса ТПУ имеет право на –

- а) рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- б) обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- в) отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- г) обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

д) внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место в аудитории 35, 4 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 - 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте [34].

Данное рабочее место (35 аудитория, 4 корпуса ТПУ) соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

5.2 Производственная безопасность

Проектируемый усилитель предполагает использование паяльной станции, которая необходима для установки электронных компонентов на

печатную плату. Кроме этого, в процессе расчетов необходимо воспользоваться ЭВМ для симуляции работы устройства, а также для подбора номиналов компонентов. Необходимо рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при использовании ЭВМ или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

5.2.1. Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [35]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы:

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программного модуля

Источник фактора, наименование вида работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Разработка программного обеспечения с использованием серверного оборудования Работа с ЭВМ	Повышенный уровень электромагнитных полей [35, 50]; Недостаточная освещенность рабочей зоны; [35,36, 50]; Повышенный уровень шума на рабочем месте; [35, 50]; Неудовлетворительный микроклимат [35, 50]; Повышенный уровень напряженности электростатического поля [35, 50].	Поражение электрическим током. Пожаровзрывоопасность.	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СанПиН 2.2.2.542-96 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 СанПиН 2.2.4.1191-03 СП 52.13330.2011 СанПиН 2.2.4.548–96 СН 2.2.4/2.1.8.562–96 ГОСТ 30494-2011
Пайка	Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу	Термическая опасность	ГОСТ 12.1.007–76

5.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

При проектировании усилителя в аудитории 35, 4 корпуса ТПУ, основным источником потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) являются: ЭВМ, возможность поражения электрическим током. Использование серверного оборудования может привести к наличию таких вредных факторов, как повышенный уровень статического электричества, повышенный уровень электромагнитных полей, повышенная напряженность электрического поля.

К основной документации, которая регламентирует вышеперечисленные вредные факторы относится СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы":

ЭВМ должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке [37].

Допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) в аудитории 35, 4 корпуса ТПУ, создаваемых ЭВМ, не должны превышать значений [38], представленных в таблице 5.2:

Таблица 5.2: Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Уровни ЭМП, ЭСП рабочем месте в аудитории 35, 4 корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 5.2. соответствуют нормам.

Электробезопасность. Напряжение питания проектируемого усилителя составляет 240 Вольт. Для предотвращения поражения электрическим током, где расположено рабочее место с ЭВМ в аудитории 35, 4 корпуса ТПУ, оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [49]. Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

- а) оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- б) проведение инструктажей и допуск к работе;
- в) надзор во время работы [47].

Уровень напряжения для питания ЭВМ в данной аудитории 220 В, для серверного оборудования 380 В. По опасности поражения электрическим током помещение 35, 4 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с

токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%) [49].

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- а) прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- б) прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
- в) ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала;
- г) поражение шаговым напряжением [43].

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются защитное заземление, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

Не следует размещать рабочие места с ЭВМ вблизи силовых кабелей, технологического оборудования, создающего помехи в работе ЭВМ [37].

В аудитории 35, 4 корпуса ТПУ имеется естественное (боковое двухстороннее) и искусственное освещение. Рабочие столы размещены таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения. В аудитории 35, 4 корпуса, в случаях работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк [39]. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [39].

В качестве источников света применяются светодиодные светильники или металлогалогенные лампы (используются в качестве местного освещения) [39]. Ниже представлены нормируемые показатели освещения.

Таблица 5.4. Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений жилых зданий [39]

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность рабочих поверхностей, лк	Показатель дискомфорта М, не более	Коэффициент пульсации K_p , %, не более
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении			
Кабинеты	Г-0,0	3,0	1,0	1,8	0,6	300	-	$\leq 5\%$ (работа с ЭВМ) $\leq 20\%$ (при работе с документацией)

Согласно [48] освещенность в аудитории 35 4 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

Шум. При работе с ЭВМ в аудитории 35, 4 корпуса ТПУ характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более 1 октавы.

Таблица 5.5. Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест [41].

Таблица 5.5

N пп.	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно- конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Согласно [48] уровень шума в аудитории 35, 4 корпуса ТПУ не более 80 дБА и соответствует нормам.

Микроклимат. Для создания и автоматического поддержания в аудитории 35, 4 корпуса ТПУ независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

Аудитория 35, 4 корпуса ТПУ является помещением Iб категории. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) [40].

Таблица 5.6. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Катег. работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб	21-23	20-24	40-60	0,1
Теплый	Iб	22-24	21-25	40-60	0,1

Таблица 5.7. Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

Согласно [48] микроклимат аудитории 35, 4 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

5.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Программное обеспечение с точки зрения нанесения вреда окружающей среде является безопасным. Однако можно рассмотреть влияние на окружающую среду серверного оборудования при его утилизации.

Большинство компьютерной техники содержит бериллий, кадмий, мышьяк, поливинилхлорид, ртуть, свинец, фталаты, огнезащитные составы на основе брома и редкоземельные минералы. Это очень токсичные вещества, которые не должны попадать на свалку после истечения срока использования, а должны правильно утилизироваться.

Утилизация компьютерного оборудования осуществляется по специально разработанной схеме, которая должна соблюдаться в организациях –

а) На первом этапе необходимо создать комиссию, задача которой заключается в принятии решений по списанию морально устаревшей или не рабочей техники, каждый образец рассматривается с технической точки зрения;

б) Разрабатывается приказ о списании устройств. Для проведения экспертизы привлекается квалифицированное стороннее лицо или организация;

в) Составляется акт утилизации, основанного на результатах технического анализа, который подтверждает негодность оборудования для дальнейшего применения;

г) Формируется приказ на утилизацию. Все сопутствующие расходы должны отображаться в бухгалтерии;

д) Утилизацию оргтехники обязательно должна осуществлять специализированная фирма;

е) Получается специальная официальной формы, которая подтвердит успешность уничтожения электронного мусора;

После оформления всех необходимых документов, компьютерная техника вывозится со склада на перерабатывающую фабрику. Все полученные в ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах. [42]

5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс исследования представляет из себя работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация, а также разработка математической модели

проектируемого усилителя. Таким образом процесс исследования не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС - это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям".

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС –

- а) Пожары, взрывы;
- б) Внезапное обрушение зданий, сооружений;
- в) Геофизические опасные явления (землетрясения);
- г) Метеорологические и агрометеорологические опасные явления;

Так как проектируемое устройство частично представляет из себя математическую модель, то наиболее вероятной ЧС в данном случае является пожар в аудитории с серверным оборудованием. В серверной комнате применяется дорогостоящее оборудование, не горючие и не выделяющие дым кабели. Таким образом возникновение пожаров происходит из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной безопасности. К примеру, замыкание электропроводки. Соблюдение современных норм пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара в серверной комнате.

Согласно СП 5.13130.2009 предел огнестойкости серверной должен быть следующим: перегородки - не менее EI 45, стены и перекрытия - не менее

REI 45. Т.е. в условиях пожара помещение должно оставаться герметичным в течение 45 минут, препятствуя дальнейшему распространению огня.

Помещение серверной должно быть отдельным помещением, функционально не совмещенным с другими помещениями. К примеру, не допускается в помещении серверной организовывать мини-склад оборудования или канцелярских товаров [44].

При разработке проекта серверной необходимо учесть, что автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) должна быть обеспечена электропитанием по первой категории (п. 15.1 СП 5.13130.2009) [45].

Согласно СП 5.13130.2009 в системах воздуховодов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений следует предусматривать автоматически закрывающиеся при обнаружении пожара воздушные затворы (заслонки или противопожарные клапаны).

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении 35, 4 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара [46] –

а) Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования;

б) Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов;

в) Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

а) обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);

б) пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

в) обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Аудитория 35, 4 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушитель ОУ-3 (1шт.), ОП-3, (1шт). Данные огнетушители предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.

Таблица 5.8 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а.

Таблица 5.9. Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

В корпусе 4 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствии с планом эвакуации.

Заключение

Результатом разработки является готовый прототип предварительного усилителя для электрогитары. Поставленные задачи в ходе разработки и проектирования были полностью решены. Дальнейшей задачей является разработка экранированного корпуса устройства, а также устранение паразитных автоколебаний, которые на данном этапе в определенной степени влияют на работу устройства.

При определении коммерческого потенциала устройства, а также при определении эффективности исследования было установлено, что разработанный предварительный усилитель для электрогитары является конкурентноспособным устройством.

Главное преимущество разработанного устройства – его габариты, что является несомненным плюсом при транспортировке и эксплуатации устройства.

Технические параметры соответствуют безопасному использованию устройства.

Себестоимость предварительного усилителя составляет менее пяти тысяч рублей, что меньше доступных аналогов на рынке.

Данное устройство рекомендуется к использованию при записи электрогитары на студии, а также для домашнего использования в качестве второго звена в гитарном тракте.

Перечень используемых источников

1. Понятие гитарного тракта [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://guitaron.ru/clauses/guitar_trakt.php/, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
2. Гитарный кабинет [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dominantamusic.ru/blog/gitarnyy-kabinet-chto-eto-naznachenie-vidy-i-osobennosti-ustroystva//>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
3. Гитарная электроника [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://guitarwork.ru/electronic/>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
4. «Клиппинг» и «клиппирование» сигнала [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://nssound.ru/o-zvuke-i-zvukovykh-signalakh/klipping-ili-klippirovanie-signala/>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
5. Ableton Live [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ableton.com>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
6. Pro Q3 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.fabfilter.com/products/pro-q-3-equalizer-plugin>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
7. S(M)exoscope [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://armandomontanez.com/smexoscope/>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
8. Fender Champion [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pop-music.ru/products/gitarnyy-kombo-fender-champion-100-888880018759/>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
9. Marshall JCM800 2203 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kombik.com/catalog/view/marshall-jcm800-2203/>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
10. Orange Rockerverb 100H MK III [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://orangeamps.com/rockerverb-100-mkiii-head/#orange>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)

11. Hughes & Kettner TubeMeister Deluxe 20 [Электронный ресурс] – Режим доступа https://www.dj-store.ru/oborudovanie/gitary/usiliteli-kabinety-i-kombo-dlya-elektrogitar/usiliteli-golovy/30170_hughes--kettner-tubemeister-deluxe-20.html, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
12. Mesa boogie dual rectifier [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://schematichaven.net/boogieamps/boogie_dualrectifier.pdf, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
13. Справочник, радиолампа 12AX7 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/121279/GEC/12AX7.html>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
14. Справочник, лампа 6Н2П-ЕВ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rudatasheet.ru/tubes/6n2p/>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
15. Устройство звуковой карты [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://2hpc.ru/звуковая-карта/>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
16. Буфер [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://hubstub.ru/circuit-design/148-bufer-s-bolshim-vyhodnym-tokom.html>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
17. Катодный повторитель [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://tubeamplifier.narod.ru/mess078.htm>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
18. Питание электронных ламп [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://oldradiogid.ru/radiolampa/pitanie-elektronnyh-lamp/>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
19. Справочник, диодный мост KBL408 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/34011/WTE/KBL408.html>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)
20. Справочник, диод выпрямительный 1N4007 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.alldatasheet.com/datasheet->

pdf/pdf/86401/ONSEMI/1N4007.html, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)

Фамилия И. О. основного автора. Основное название книги / Сведения о редакторе (при наличии). – Город: Издательство, год издания. – Количество страниц.

21. Хоровиц П. Искусство схемотехники. – Москва: «Бином», 2020. – 704 с.

22. Разъем PBS-5 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/product/pbs-5>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)

23. Разъем PLS-5 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/product/pls-5>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)

24. JLCPCB [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://jlcpcb.com>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)

25. Конструирование печатного узла и печатной платы. Расчет надежности. Учебно-методическое пособие / Л.Н. Беянин.: Издательство ТПУ, 2008.– С. 10- 47.

26. EasyEDA [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://easyeda.com>, свободный. (Дата обращения: 16.05.2020г.)

27. Домашнее изготовление печатных плат [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ydoma.info/tehnologii-remonta/tehnologii-izgotovlenie-pечатnyh-plat.html/>, свободный. (Дата обращения: 06.06.2020г.)

28. Химические способы травления печатных плат [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bia.ucoz.ru/forum/20-192-1/>, свободный. (Дата обращения: 06.06.2020г.)

29. Магазин радиоэлектронных компонентов Diy-Tubes [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.diy-tubes.ru/>, свободный. (Дата обращения: 06.06.2020г .)

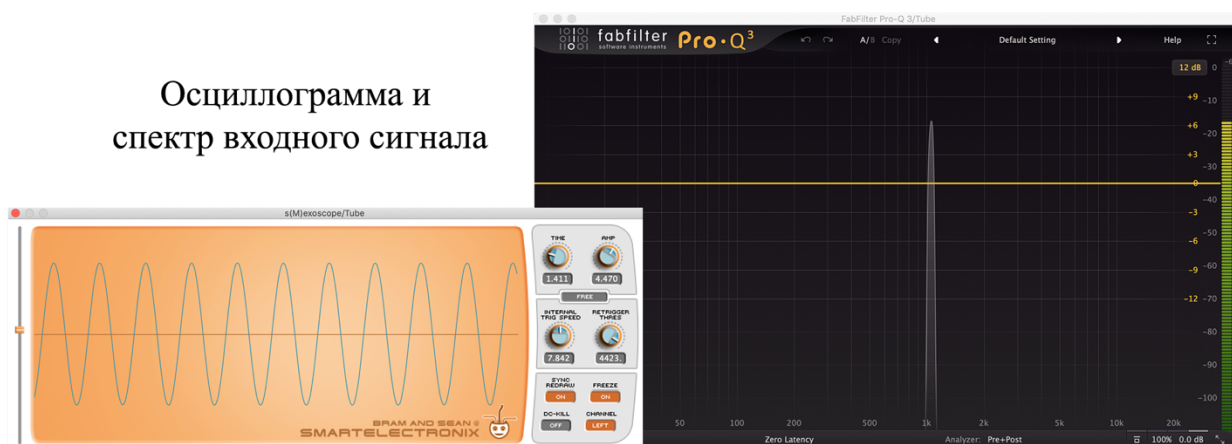
30. Магазин радиоэлектронных компонентов ChipDip [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.chipdip.ru/>, свободный. (Дата обращения: 06.06.2020г .)
31. Панели для риоламп [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://aliexpress.ru/item/32983017747.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.264d33ede6Ts4B /](https://aliexpress.ru/item/32983017747.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.264d33ede6Ts4B/), свободный. (Дата обращения: 06.06.2020г.)
32. Обратная связь в ламповых усилителях [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.radiolamps.ru/articles/theory/theory_11.html /](http://www.radiolamps.ru/articles/theory/theory_11.html/), свободный. (Дата обращения: 06.06.2020г.)
33. Паразитные связи в ламповый усилителях [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://next-tube.com/remember/books/volin.pdf /](https://next-tube.com/remember/books/volin.pdf/), свободный. (Дата обращения: 06.06.2020г.)
34. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ, Томск 2019
35. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015
36. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003
37. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003
38. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях, 2003
39. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение, 2011
40. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996

41. СН 2.2.4/2.1.8.562–96, Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки, 1996
42. ГОСТ 30494-2011, Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011
43. ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования, 1984
44. Пожарная безопасность серверной комнаты [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://avtoritet.net/library/press/245/15479/articles/15515>, Дата обращения: 10.03.2019
45. Системы противопожарной защиты УСТАНОВКИ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И ПОЖАРОТУШЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИЕ, 2009
46. НПБ 105-03, Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности, 2003
47. ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. Седьмое издание, 2002
48. Специальная оценка условий труда в ТПУ. 2018.

Приложение А

Компьютерная симуляция влияния на сигнал полупроводникового и лампового устройства

Осциллограмма и спектр входного сигнала



Осциллограмма и спектр выходного сигнала (ламповое устройство)



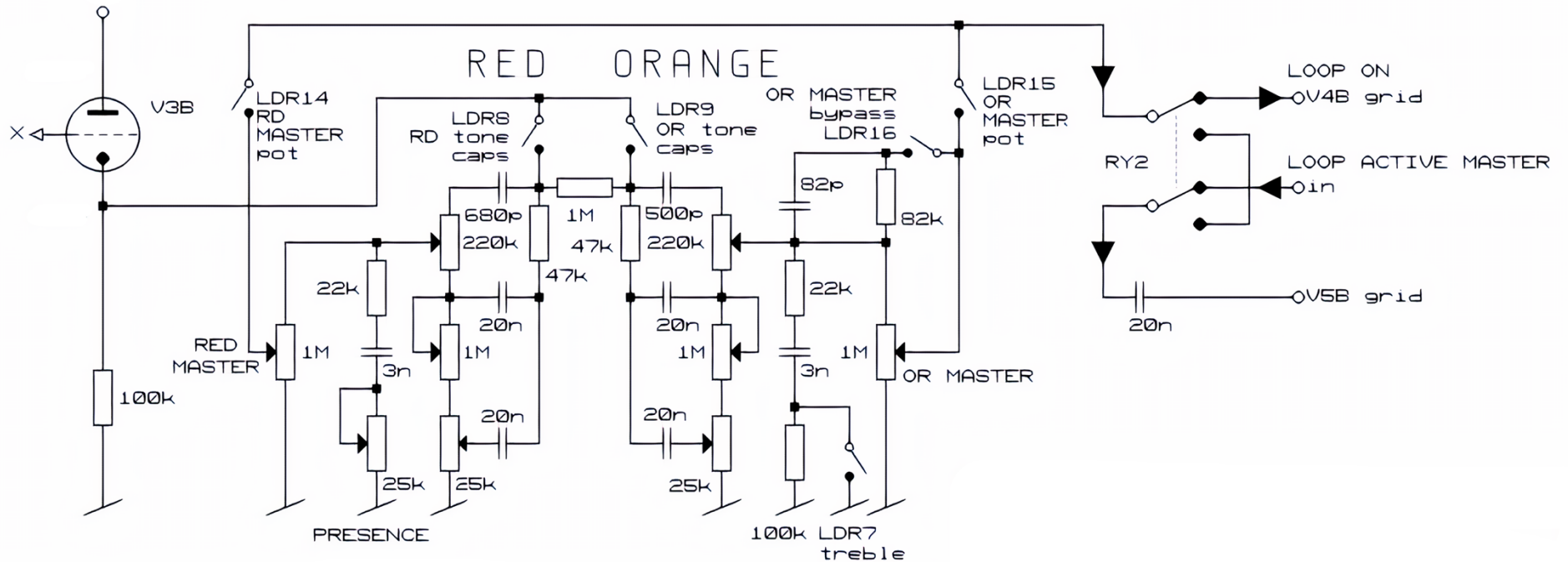
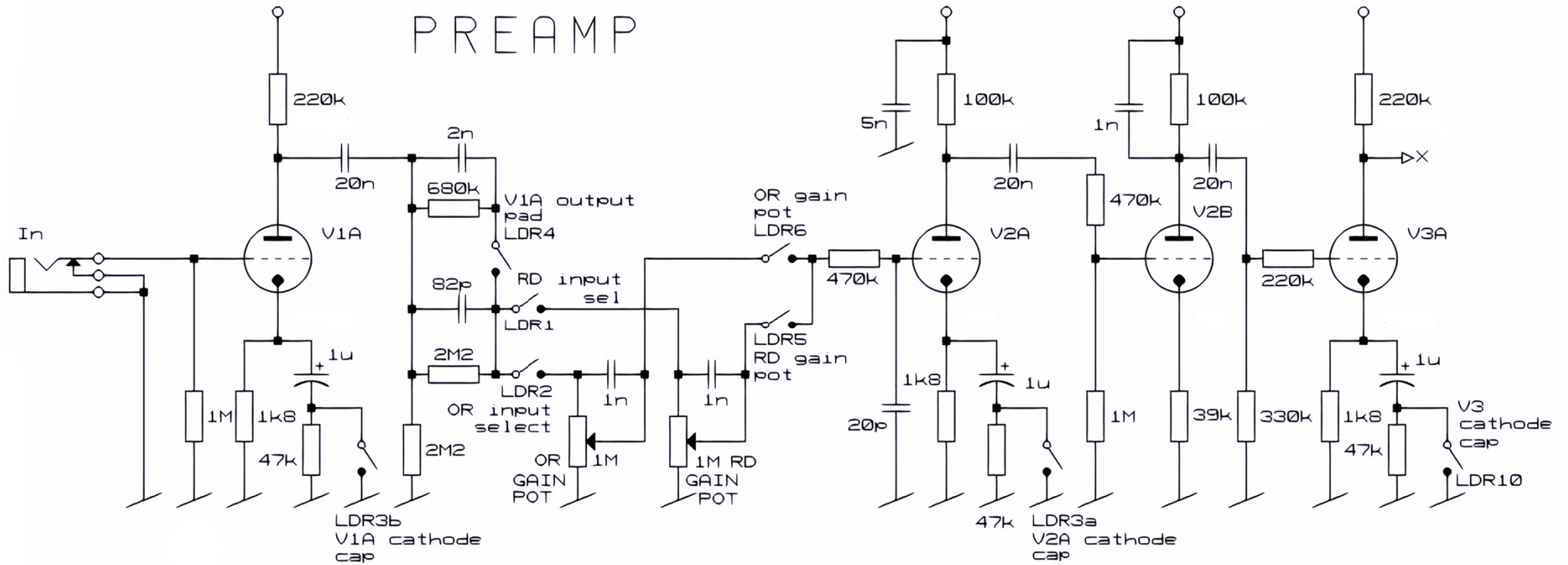
Осциллограмма и спектр выходного сигнала (полупроводниковое устройство)



Приложение Б

Исходная принципиальная схема

PREAMP








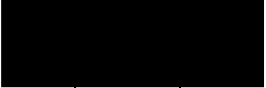




Приложение Й – Временные показатели проведения научного исследования



Таблица 4.10

Название работы	Трудоемкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календар-ных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожк}$, чел-дни			Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2						
Составление и утверждение темы проекта	4	4	6	6	5	5	Научный руководитель		5	5	6	6
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	1	4	4	3	3	Научный руководитель, студент		1,5	1,5	2	2
Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	4	4	10	10	7	7	Научный руководитель,студент		3,5	3,5	5	5
Подбор литературы по тематике работы	8	8	12	12	10	10	Студент		10	10	12	12
Сбор материалов и анализ существующих разработок	14	14	20	20	17	17	Студент		17	17	18	18
Разработка схемы электрической принципиальной	22	22	25	25	23,5	23,5	Студент		23,5	23,5	25	25
Моделирование схемы и разработка её 3D – модели	18	18	20	20	19	19	Студент		19	19	22	22
Проектирование механической части устройства	10	10	12	12	11	11	Студент		11	11	12	12
Оценка эффективности полученных результатов	3	3	5	5	4	4	Научный руководитель, студент		2	2	3	3
Составление пояснительной записки к работе	17	17	23	23	20	20	Студент		20	20	21	21

Приложение К – Календарный план-график

Таблица 4.11

	Вид работ	Исполнит		Продолжительность выполнения работ									
				февраль		март			апрель			май	
1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель											
2	Постановка целей и задач, получение исходных данных	Научный руководитель, студент											
3	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, студент											
4	Подбор литературы по тематике работы	Студент											
5	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент											
6	Разработка схемы электрической принципиальной	Студент											
7	Создание 3D модели печатной платы устройства	Студент											
8	Изготовление печатной платы, сборка	Студент											
9	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент											
10	Составление пояснительной записки к работе	Студент											

 – студент;  – научный руководитель